

《研究ノート》

# ペルー中部，ナスカ東方のパンパ・ ガレーラスにみられる氷河性堆積物

荻 谷 愛 彦\*

## 1. はじめに

ペルー・アンデスには、プナやアルティプラノとよばれる標高4000 m前後の高原が広がる。地上絵で有名なナスカ（Nasca）の東にも標高3500－4300 mの範囲で高原が展開する。そのような高原の一角に、パンパ・ガレーラス（Pampa Galeras；南緯14.7度，西経74.5度）の平原がある。

現在，パンパ・ガレーラスは国立自然保護地区に指定されている。地元村落の住民が土地を管理し，ラクダ科野生動物であるビクーニャ（*Vicugna vicugna*）を保護している。ビクーニャの毛は高値で取引されるため，住民らはチャクとよばれる伝統的な追い込み猟を，合法的かつ定期的に行って毛刈りをする。ビクーニャの毛は住民にとって貴重な現金収入源となる。

パンパ・ガレーラスにおけるビクーニャの生態や遺伝的特性，保護状況，追い込み猟の実態については，日本の研究者らが地元官公署や住民，自然保護レンジャーの協力を得て詳しい研究を行っている（稲村2007；大山2007a, 2007b；川本2007）。これらの研究に関連して，筆者は2011年8月に同地を訪れ，地形・地質のパイロット調査を行った。その結果，パンパ・ガレーラス周辺には氷河地形が残存し，地表には氷河底堆積物や融氷流

---

\* 専修大学文学部教授

堆積物が分布することが確認された。同地に氷河性堆積物が存在することは先行研究 (Montoya *et al.* 1994) で言及されていたが、具体的な記述はなかった。本稿ではこれらの地形や堆積物を記載し、パンパ・ガレーラスにおける氷河作用を中心とした地形形成環境を予察的に論じる。

## 2. 調査地域

パンパ・ガレーラスとその周辺には、南西に緩く傾く広大な高原が展開する (図1)。高原の北西側はインヘニオ (Ingenio) 谷に、南東側はアカリ (Acari) 川に深く穿たれている。また北東側はアカリ川源流の谷に侵食されている。高原の北縁では、インヘニオ谷とアカリ川の分水界をなす尾根を介して、より北側に展開する広い高原と接続している。しかし全体的にみれば、パンパ・ガレーラスを含む高原は周囲の土地から独立したテーブル状の地形をなす。

パンパ・ガレーラス周辺の地質は Montoya *et al.* (1994) の報告に詳しい (図2)。これによれば、パンパ・ガレーラスの土台をなすのはナスカ層群である。本層群はパンパ・ガレーラス以外にもナスカ地方のプナに広く露出する。主に凝灰岩からなり、最大層厚は4000 mに達する。推定年代は新第三紀中新世 (2200~1800万年前) である。鮮新世から第四紀に生じた火山岩類や氷河性堆積物に覆われる。

ナスカ層群の下位にあり、なおかつパンパ・ガレーラスの地表に露出しているのはカストロヴィレイナ (Castrovirreyna) 層である。本層は玄武岩質・安山岩質・デイサイト質・流紋岩質の火山岩からなる。また凝灰岩や火山礫、岩片を含むこともある。本層はパンパ・ガレーラスとその東のプキオ (Puquio) 地域に広く分布する。放射年代は得られていないが、古第三紀漸新世から新第三紀中新世 (4100-2100万年前) ころ堆積したものと推定される。

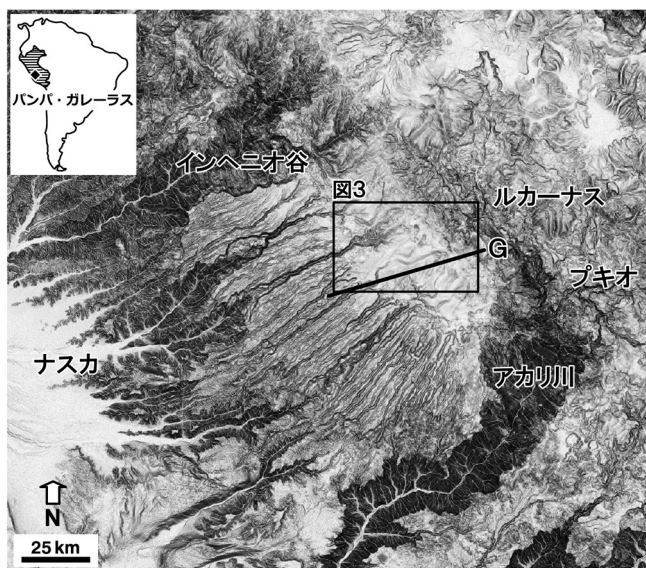


図1 パンパ・ガレーラスとその周辺の地形

基図はアメリカ航空宇宙局 SRTM-3 DEM (30秒メッシュ) から作成した傾斜量図。黒っぽい斜面ほど傾斜が急である。各地の標高は次のとおり。ナスカ：580 m, ルカーナス：3380 m, プキオ：3200 m。G は地質断面 (図2) の位置を示す。

パンパ・ガレーラスの北東部に位置するアカリ川流域との分水界付近には、バロソン (Barroso) 層群とよばれる火山岩類が露出する。溶岩流や火砕質安山岩、スコリアなどからなる。新第三紀鮮新世から第四紀更新世 (520 - 1 万年前) にかけて生じたとみられる。

なお、後述するように、パンパ・ガレーラスの氷河性堆積物には閃緑岩の礫が少量含まれるが、Montoya *et al.* (1994) の地質図にはパンパ・ガレーラス付近での地表露出が記載されていない。しかしパンパ・ガレーラス付近では閃緑岩が小規模に露出している可能性がある。この閃緑岩は白亜紀 (1.5 億年 - 6600 万年前) のバソリスと考えられている。この他、パ

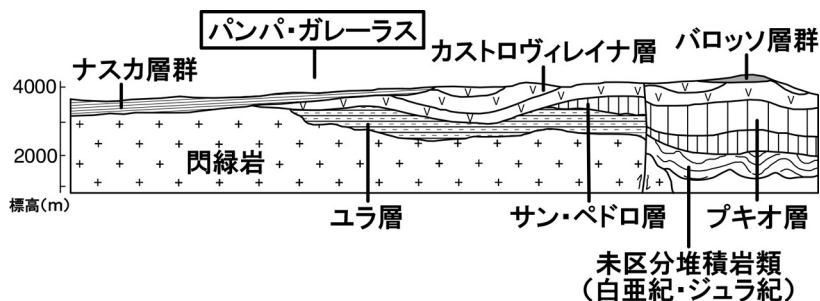


図2 パンパ・ガレーラスの地質断面

Montoya *et al.* (1994) を簡略化して筆者が作成した。パンパ・ガレーラスの表層を覆う氷河性堆積物は省略した。地質断面の位置は図1を参照。

パンパ・ガレーラス付近の地下に存在すると考えられている火山岩類にユラ (Yura) 層やサン・ペドロ (San Pedro) 層がある。

パンパ・ガレーラスを含むナスカ地方は太平洋に面しており、ペルー海流の影響を受ける。このため乾燥気候が卓越する。大山 (2007b) によれば、パンパ・ガレーラスの年降水量は383 mm (2004年06月1日-2005年5月31日) で、降水の約7割以上が夏季 (12-3月) に集中する。5-10月は乾季となる。同地の年平均気温は4-5℃で、熱帯高地のために年較差は小さい。パンパ・ガレーラス一帯には高木はみられず、イチユとよばれるイネ科草本や、各種の低木が生育する。

### 3. 方法

ビクーニャの観察拠点があるロマ・キコ・パタ (Loma Quico Pata) 付近を周回し、地形・地質を詳しく観察した。同地はパンパ・ガレーラスの中心部に位置する (図1, 図3)。またパンパ・ガレーラスの各地でも調査を行った。

踏査に加え、ペルー国立地理研究所発行の縮尺10万分の1地勢図 (ナス

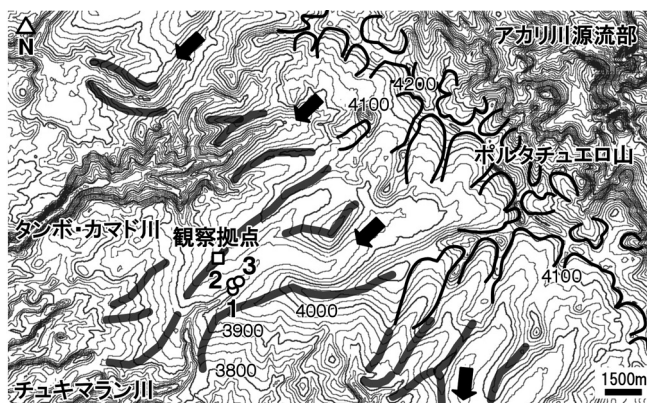


図3 パンパ・ガレーラス周辺の地形分類図

実線：圈谷壁の上端と推定される遷急線，灰太線：モレーンと疑われる地形（Google Earthで優白色の領域と認識される礫質斜面），矢印：氷食谷と考えられる浅い谷における氷河の推定流動方向。1～3は氷河性堆積物の調査地点。基図はアメリカ航空宇宙局 SRTM-3 DEM（30秒メッシュ）から作成した。等高線間隔は20 m。

カ図幅，プキオ図幅）や，アメリカ航空宇宙局 SRTM-3 DEM（30秒メッシュ）に基づく傾斜量図と等高線図，Google Earth 画像などを判読・解析した。

## 4. 結果

### 4.1. 地形の概要

上述のように，パンパ・ガレーラス一帯の高原は南西に緩く傾く。その平均斜度は5～8度程度である。高原の地表起伏は小さいが，北東部には突出した岩峰がいくつかある。そのうちの最高峰はパンパ・ガレーラスの北東にある標高4327 m のポルタチュエロ（Portachuelo）山である。

高原では標高3800～4300 m 前後に平滑かつ小起伏な斜面が発達する。

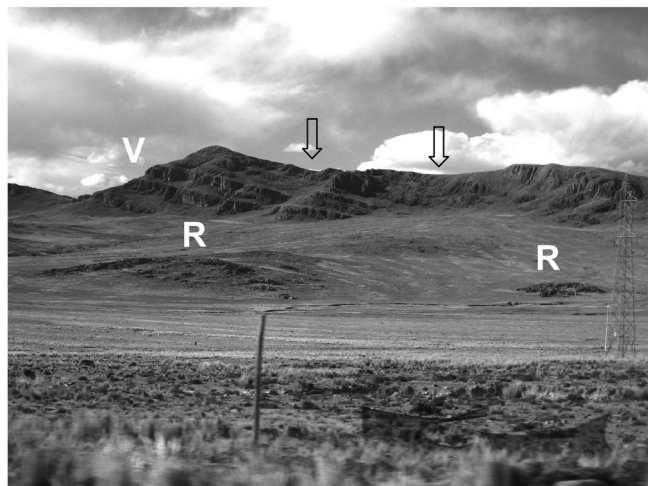


図4 パンパ・ガレーラス東縁の氷河地形

パンパ・ガレーラス東縁（分水界）にあるポルタチュエロ山周辺の岩峰に生じた浅い圈谷（矢印）と，非対称形を示す基盤岩の高まり（R）。岩峰はカストロヴィレイナ層（V）からなる。前景の平原は浅くて幅の広い氷食谷。2011年8月撮影。

この平滑な斜面上では幅広な浅い谷が発達する（図3）。それらは地表の傾斜に従順的で，ほぼ南西に平行して流下する。筆者が地質を記載したチュキマラン（Chuquimaran）川の源流もこのような浅い谷の1つである。

浅い谷の最上流部は，ポルタチュエロ山のように高原から突出した岩峰に至る。その谷頭は馬蹄型の平面形を呈し，浅いことを特徴とする。1つの浅い谷から複数の馬蹄型谷頭に移行することもある（図3）。馬蹄型谷頭の底には，上流側が滑らかで下流側が急斜した基盤岩の高まりが認められることがある（図4）。また浅い谷や馬蹄型谷頭の底には蛇行流路が存在し，その沿岸に湿性草地や泥炭地が発達することがある。馬蹄型の浅い谷頭は，分水界をなす高原縁部の高まりよりも北東側にあるアカリ川の源流部にもみられる。



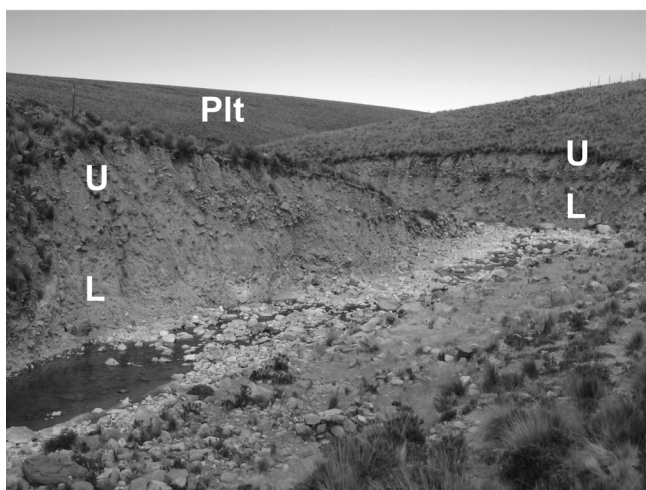


図5 チュキマラン川の谷壁に露出する氷河性堆積物

川は左から右へ流れる。正面左の露頭が地点1。固結した礫層（下部層：L）と、やルースな礫層（上部層：U）が谷壁にほぼ連続的に露出する。上部層が高原の斜面（Plt）をほぼ構成していることがわかる。2011年8月撮影。

浅い谷の周辺で顕著な微地形・小地形は確認されないが、Google Earth 画像では弧状の白い地表パターンが散見される。詳細な現地確認は今後の課題であるが、予察調査によれば、それらは粗粒な礫質物質からなるとみられる（図3）。

おおむね標高3800 m 以低では、高原を刻む谷は次第に深さを増し、高原と谷底との比高は数100 m 以上に達する。

#### 4.2. 表層堆積物の記載

##### 1) 地点1（南緯14.6770度，西経74.4438度）

チュキマラン川左岸にある高さ11 m の露頭である。上下2層の堆積物が観察できる（図5，図6）。

下部層（1-L）は層厚3 m 以上の固結した礫層である。下限は現河床以



図6 地点1の露頭

氷河底ティルと考えられる下部層（1-L）と、融水流堆積物と考えられる上部層（1-U）に区分される。左が上流側。地点位置は図3に示す。2011年8月撮影。

下にある。擦痕を伴う亜角礫からなる（図7）。中礫～大礫を主とする。礫の一部は破碎している。礫種は流紋岩、凝灰岩、溶岩と閃緑岩である。基質は青灰色や灰白色（7.5Y7/1やN7/1）のシルトで、板状に剥がれやすい部位がある。地層全体に特定の堆積構造は認められず、雑然相を示す。

上部層（1-U）は層厚8mのルースな礫層である。下部層（1-L）を不整合に覆う。亜円礫を主とするが、亜角礫も含む。下半部では小礫が多いが、それ以外は巨礫を主とする。礫種は下部層（1-L）と同じである。基質は橙色（7.5YR6/6）のシルトと砂である。

## 2）地点2（南緯14.6767度，西経74.4436度）

地点1の上流左岸に生じた高さ5mの露頭である。上下2層の堆積物が観察できる（図8a）。



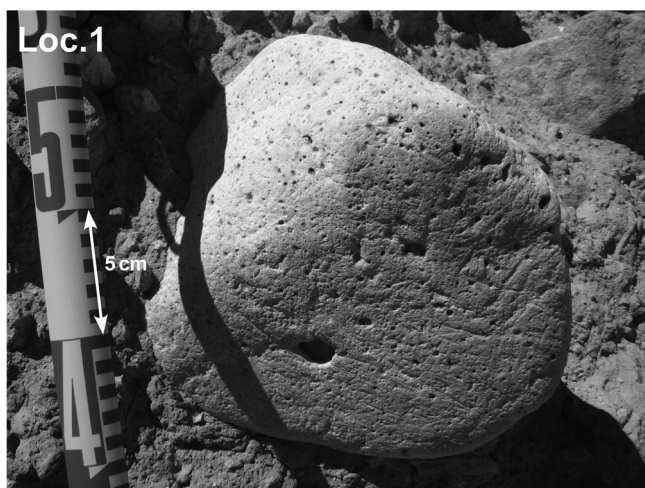


図7 地点1の下部層に含まれる擦痕礫

流紋岩質の礫に生じた深さ数 mm の条痕。地点位置は図3に示す。2011年8月撮影。

下部層（2-L）は層厚3.5 m 以上の固結した礫層である。下限は現河床以下にある。亜角礫からなる。大礫が卓越するが、中礫も一部含む。礫種は流紋岩、凝灰岩、溶岩と閃緑岩である。基質は灰白色（7.5Y7/1や N7/1）のシルトである。基質中では、シルトと粘土の薄層が水平方向に引き延ばされ、褶曲変形している部位がある（図8b）。この変形は地点1の下部層（1-L）には認められないが、それ以外の地質的特徴は本地点の下部層（2-L）と地点1の下部層（1-L）とで共通する。

上部層（2-U）は層厚1.5 m のルースな礫層である。亜円礫・円礫からなる。巨礫が卓越する。礫種は下部層（2-L）と同様である。基質は砂とシルトである。下部層（2-L）との境界は平滑で、不整合関係にある。

3）地点3（南緯14.6761度，西経74.4431度）

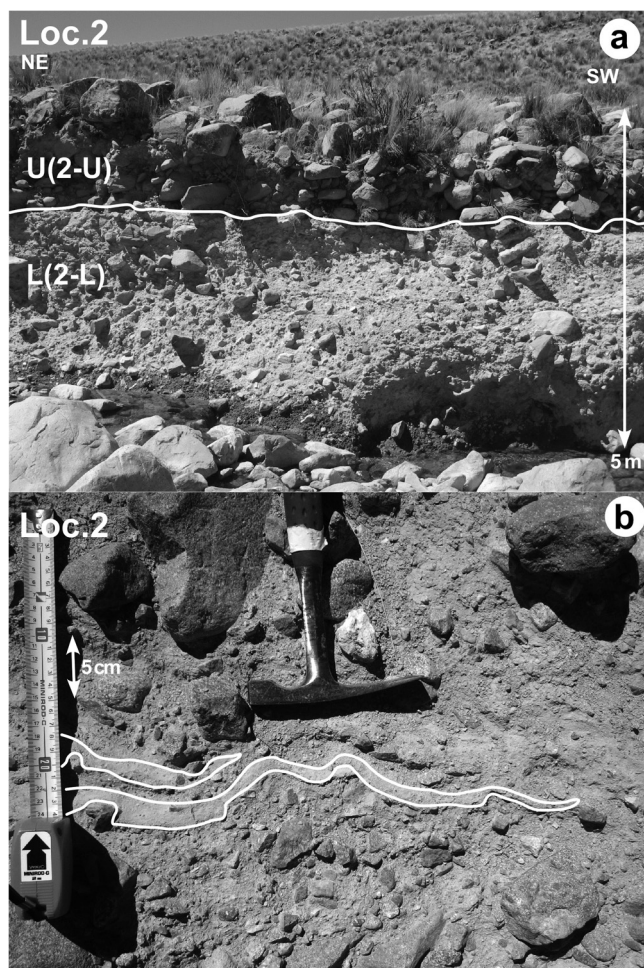


図8 地点2の露頭

(a) 露頭全景。氷河底ティルと考えられる下部層 (2-L) と、融水流堆積物と考えられる上部層 (2-U) に区分される。左が上流側。(b) 下部層に認められるシルトの褶曲変形構造。地点位置は図3に示す。いずれも2011年8月撮影。

地点2の上流右岸に生じた高さ12 m の露頭である。本地点で観察可能なのは露頭最下部（現河床）から12 m 上までで、それより上位は植被さ

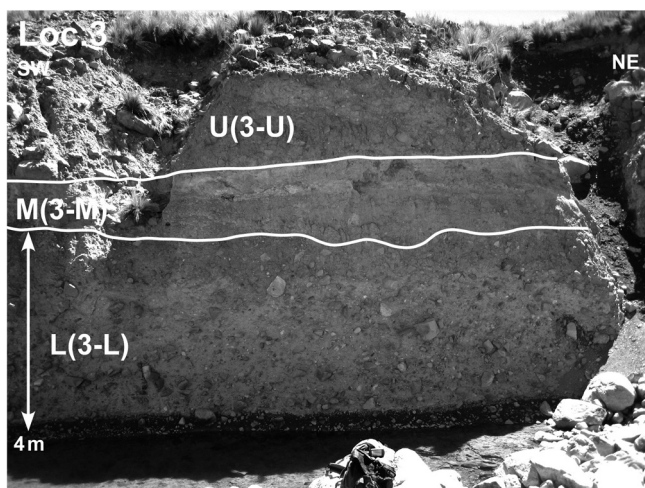


図9 地点3の露頭

氷河底ティルと考えられる下部層（3-L），河川状湖沼堆積物または水河湖堆積物と考えられる中部層（3-M）および融氷流堆積物と考えられる上部層（3-U）に区分される。右が上流側。地点位置は図3に示す。2011年8月

れている（図9）。

下部層（3-L）は層厚4 m以上の固結した礫層である。下限は現河床下にある。亜角礫からなる。大礫・巨礫を主とする。礫種は流紋岩，凝灰岩，溶岩と閃緑岩である。基質は，にぶい黄橙色（10YR7/2）を呈する砂とシルトである。

中部層（3-M）は層厚1.8 mのシルト層と粗砂層である。下部層（3-L）を不整合で覆う。基底付近はやや粗粒で，細礫や中礫を含む。平行ラミナが発達する。全体に灰白色（10YR7/1-8/1）を呈するが，一部は風化してにぶい橙色（2.5YR6/3）をなす。他の露頭では同様の堆積物は確認されていない。

上部層（3-U）は層厚6 m以上の礫層である。上限は植被のため確認できない。亜円礫からなる。巨礫を主とする。礫種は流紋岩，凝灰岩，溶岩

と閃緑岩である。基質は、にぶい黄橙色（10YR6/3）の粗砂とシルトである。

## 5. 議論

気候寒冷化や大気循環のパターン変化などにより、ペルー・アンデスでは最終氷期に氷河や氷原が発達し、氷河地形や氷河堆積物が形成された（Clapperton 1993）。パンパ・ガレーラスが位置する南緯15度付近における現在の氷河均衡線（雪線）高度は約4800–4900 mであるが、最終氷期には約600 m低下したと推定されている（Klein *et al.* 1991）。パンパ・ガレーラスの高原から突出したポルタチュエロ山など、標高4200–4300 m前後の岩峰では、現在氷河は形成されていない。しかし最終氷期には、これらの岩峰やその周辺の高原は氷河均衡線以高の涵養域に含まれ、氷河が形成されていたと考えられる。

パンパ・ガレーラス一帯に発達する馬蹄型の浅い谷頭と浅い谷は、それぞれ圏谷（カール）と氷食谷と考えられる。また谷頭の底に分布する上流側と下流側が非対称の基盤岩の高まり（図4）は、羊背岩と解釈される。ただし、圏谷や氷食谷の地形は浅く、明確なモレーン列も伴わない。これはペルー・アンデス東山系（クスコ県ヴィルカノータ山群など；荻谷・佐々木, 2015）や、西山系の一部（アレキパ県コタワシなど；荻谷, 2013）において、顕著な圏谷や深い氷食谷が形成されている状況とは異なる。パンパ・ガレーラス一帯の氷河は薄く、侵食力が弱かったことが考えられる。

チュキマラン川沿いで見いだされた礫質堆積物のうち、各露頭の下半部に露出する固結した礫層（1-L, 2-L, 3-L）は雑然とした層相や上記の氷河地形形成環境から考えて、氷河底に堆積したティルと推定される。特に、地点2の下部層（2-L）に認められる褶曲変形したシルト層は、氷河底変形層にしばしば認められる変形構造（岩田 2011）の可能性がある。

これに対し、各露頭の上部層（1-U, 2-U, 3-U）は礫が円磨されておりルースで、下部層とは異なる環境下で堆積したものである。下位に氷河底で堆積したと考えられるティルが存在することから、上部層は氷河後退後に堆積した氷河内や氷河上の岩屑堆積物（氷河表面融出ティル）、または氷河前面の河床で堆積した融水流（アウトウォッシュ）堆積物のいずれかであろう。ただし各露頭とも、上部層は円磨された礫を多く含むので、後者の可能性が高いと考えられる。

地点3では、以上とは異なる細粒層（中部層；3-M）が上部層（3-U）と下部層（3-L）の間に堆積している。本層は平行ラミナが発達し、礫も細粒で円磨されたものが多い。下位の氷河底ティルと上位の融水流堆積物との間に挟まれることから、本層は氷河前面の融水流流路に生じた静水域（河川状湖沼）または氷河湖の堆積物と推定される。ただし、類似層は地点1や地点2では観察されないので、そのような静水域や湖水域は小規模であったと思われる。

いずれにしても、各地点において氷河底ティルや融水流堆積物と考えられる礫層がみだされたことで、パンパ・ガレーラスの氷河堆積物に言及した先行研究（Montoya *et al.* 1994）の検証がなされた。これはまた、パンパ・ガレーラス一帯で最も標高の高いボルタチュエロ山付近で形成され流下した氷河が、これらの地点を含む高原を覆っていたことを示す（図3）。明瞭なターミナル・モレーンは認められていないが、先行研究の記述や高原における水系網の発達の差異にもとづくと、最拡大期には標高3600–3800 m 付近まで氷河が広がっていたと考えられる。なお、図3にはGoogle Earth から読み取った斜面上の優白色域が示されている。予察的な調査によれば、それらは粗粒な礫質物質からなると考えられる。弧状の分布形態と構成物質からみて、これらの優白色域は氷河の側方や末端に形成されたモレーンの可能性が高い。

氷河の形成期に関する証拠は得られていない。しかし氷河拡大の規模や



高度分布からみて、パンパ・ガレーラス周辺の圏谷や氷食谷が形成されたのは最終氷期最寒冷期（約2万年前）ごろと考えられる。

## 6. まとめ

ペルー中部・ナスカ東方の高原の一部をなすパンパ・ガレーラスでは、浅い圏谷や氷食谷などの氷食地形が認められる。また地表には氷河前面で形成された融水流堆積物や氷河底で形成されたティルが分布する。パンパ・ガレーラスの地形の概形は、これらの氷河性堆積物の下位にある古期火山岩類（ナスカ層群など）が作りだしていると考えられるが、氷河による広範囲の侵食や堆積によって高原の平滑性や小起伏性が維持・強調されてきたものと思われる。

地形の傾斜や地表の構成（植生や岩峰）は、ビクーニャの生態や習性に影響を及ぼしていることが指摘されている（大山, 2007a, 2007b）。更新世から完新世にかけての氷河作用は、パンパ・ガレーラスにおける地形特性の成立や景観の形成に一定の役割を果たしてきたと考えられる。

## 謝 辞

現地調査にあたり大山修一、稲村哲也、川本 芳、本江昭夫、佐藤花子、Johan Carlos Garcia、阪根 博、天野美代子、Lucho Wong および Museo Amano 職員の各氏に大変お世話になった。地質図の入手あたり Instituto Geológico Minero y Metalúrgico に便宜を図っていただいた。紙面を借りて御礼申し上げます。本研究には、科学研究費22251013（研究代表者：稲村哲也）を用いた。

## 引用文献

- Clapperton, C. (1993): *Quaternary geology and geomorphology of South America*. Elsevier.
- 稲村哲也 (2007) 野生動物ビクーニャの捕獲と毛刈り—インカの追い込み猟「チャク」とその復活. 山本紀夫編「アンデス高地」, 279-296. 京都大学学術出版会.
- 岩田修二 (2011) 氷河地形学. 東京大学出版会.
- 荻谷愛彦 (2013) ペルー・アンデス, アレキバ県プイカ行政区における中地形・小地形



- システム. 専修人文論集, 92, 231-249.
- 菊谷愛彦・佐々木明彦 (2015) ペルー中部・クスコ県マルカパタ村ワヤワヤ峠—キンセミル・ルートにおける地形システムと農牧利用. 専修人文論集, 96, 253-270.
- 川本 芳 (2007) 家畜の起源に関する遺伝学からのアプローチ. 山本紀夫編「アンデス高地」, 361-385. 京都大学学術出版会.
- Klein, A. G., Seltzer, G. O., and Isacks, B. L. (1991) Modern and Last Glacial Maximum snowlines in the Central Andes of Perú, Bolivia and Northern Chile. *Quaternary Science Reviews*, 10, 63-84.
- Montoya, M., García, W., and Caldas, J. (1994) *Geología de los cuadrangulos de Lomitas, Palpa, Nasca y Puquio*. Boletín No. 35, Serie A: Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Sector Energía y Minas, Republica del Peru.
- 大山修一 (2007a) ジャガイモと糞との不思議な関係. 山本紀夫編「アンデス高地」, 135-154. 京都大学学術出版会.
- 大山修一 (2007b) ラクダ科野生動物ビクーニャの生態と保護. 山本紀夫編「アンデス高地」, 335-359. 京都大学学術出版会.